基于结构化图标的应急地图交互与协作模式研究*

■ 马晓悦[1] 崔珂成[2] 张昊淇[1] 陈强[1]
[1] 西安交通大学新闻与新媒体学院 西安 710049 [2]西安电子科技大学经济管理学院 西安 710071

摘 要:[目的/意义]通过引入结构化图标来改善以往应急地图中的图标表征,旨在协调更为复杂的危机信息交互与协作。[方法/过程]设计适用于危机情境下的结构化图标,并以此为基础设计基于结构化图标的可视化交互与协作模式。[结果/结论]首先,结构化图标的先设基底图标可以显化危机事件关联,改善信息搜索交互体验;其次,结构化图标可以动态表征危机信息的时空属性,增强信息认知,提升决策者协同决策能力。理论上,提出一种基于结构化图标的应急信息交互模式,丰富应急信息可视化理论和应急交互理论。实践上,优化基于图标的应急协同系统的设计,增强参与者与应急信息的互动,有助于决策者进行高效及时的应急协同决策。

关键词:人机交互 图标 信息结构 应急协作 时空分析 交互界面
分类号:G203
DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2021.04.009

1 引言

信息协同是实现高效、精准的应急交互与协作的关键要素之一[1]。如何利用现代信息技术和信息管理方法提高信息共享是危机信息领域的一个重要研究课题,其中以地理信息技术为支撑的电子地图已成为应急交互中的有效工具[2],为应急人员提供了全方位、多视角、广尺度的信息查询及定位服务[3]。已有研究证明,通过合理布局电子地图中的图片、文字、图标、比例、色彩等视觉元素可以满足危机交互中不同的信息需求,适应多变的应用环境[4]。然而,这些视觉元素均聚焦于对具体的实物进行表征以减少用户与电子地图界面的交互摩擦,忽视了危机用户间的交互和对动态危机信息的可视化表征。虽然大部分研究已经关注到如何在海量复杂信息的情况下基于地图来表达有效的危机信息[5],但这些符号及注释所表征的大多为静态信息[6],并未从动态的角度对危机事件的变化和事件之间的相关性进行有效表征。因此,笔者计划从改进电子地图中的表征图标和符号入手,设计适用于危机情境的结构化图标及相关组件,旨在丰富应急地图对危机信息的表征,以增进人们对危机信息的认知,从而提高应急营救人员间的协作效率。结构化图标主要有两个元素构成,分别是先设基底图标和象形符号。其中,先设基底图标用于区分不同的事件主题,同时强化同主题事件之间的显性关联,而象形符号则用来表征事件的具体类型。从整体上来看,结构化图标具有表征多层次复杂危机信息、显化信息结构的作用[7],而图标颜色和大小的动态变化可被用于衡量量化后事件的严重程度,加强人们对事件变化的过程认知。因此,本文着重探究应急地图中的结构化图标及与其相关的组件设计,并分析其对危机交互与协作的影响。本研究目的是将结构化图标应用于危机地图中,以增进人们对危机信息的认知,进而改善应急决策。

2 研究现状

应急信息交互与协作涉及公共管理、情报学、人机交互等多个研究领域。笔者主要探究应急信息的时空动态特性和基于应急信息的交互协作,因此主要涉及

* 本文系教育部人文社会科学研究规划基金"信息协同视角下基于可视化媒介的智慧应急响应行为研究"(项目编号:19YJA870009)和陕西省自然科学基础研究计划一般项目-面上项目"基于散射-叠加效应的新媒体信息演化模型构建及事件类别判定研究"(项目编号:2020JM-056)研究成果之一。
作者简介:马晓悦(ORCID:0000-0003-4932-6450),特聘研究员,博士,博士生导师,E-mail:xyma_mail@163.com;崔珂成(ORCID:0000-0003-0896-2186),硕士研究生;张昊淇(ORCID:0000-0002-9767-1008),本科生;陈强(ORCID:0000-0002-9902-6432),副教授,博士生导师。
收稿日期:2020-08-07 修回日期:2020-10-18 本文起止页码:81-88 本文责任编辑:王传清

以下两个方面的知识背景:①应急信息的时空可视化。本文将要讨论的结构化图标动态特性,实质上就是结构化图标与应急信息时空特性的结合。②应急交互与协作。交互能在一定程度上激励应急参与者,而协作可以促使应急参与者协同决策时产生更高级的思考。

2.1　应急信息可视化

信息可视化是一个跨学科领域,旨在研究大规模非数值型信息资源的视觉呈现。通过利用图形图像方面的技术与方法,帮助人们理解和分析数据。其中时空数据是指具有时间元素并随时间变化而变化的空间数据,是地球环境中地物要素信息的一种表达方式。由于其所在空间的空间实体和空间现象在时间、空间和属性 3 个方面的固有特征,呈现出多维、语义、时空动态关联的复杂性。地图可视化是应急信息可视化最常用的手段,其中所展示的文本或单一符号等传统的信息可视化表征形式可以帮助人们加深对关键信息的记忆,但不利于用户对信息内容和结构的理解[8]。而结构化图标可以利用其图标和符号的双重特性实现对表征内容和结构的同步可视化[9],因此引入结构化图标来实现时空数据可视化。时空数据的可视化表征手段可分为静态可视化和动态可视化。对于应急信息可视化方法的应用,一方面是基于算法和数据对灾情进行表征和模拟,起到辅助决策和应急评估的作用,包括基于地图的化工安全疏散[10]、爆炸风险评估[11]、洪涝模拟[12]、病毒传播模拟[13];另一方面是数据驱动进行决策[14],从信息分类统计的角度发现趋势,如用于舆论分析的基于标签云的地理应急系统[15]和洪灾影响区域分析的应急系统[16]。

2.2　应急交互与协作

应急交互与协作在近年一直是热点话题,例如应急众包、VR 应急训练等。交互方面,人机交互涉及到众多应急相关方向,其主要研究目的是改善用户操作体验,如触屏式交互地图[17]、3D 打印沙盘原型系统[18]、增强地理认知体验的 3D 地图[19]、增强用户沉浸体验的基于虚拟现实的应急培训系统[20]。除了改进用户体验类的交互之外,通过设计实体模板和图形仿真界面,提供了简化应急复杂应急问题[21]的另一个角度。社交网络、协同平台、开源社区等都成为群体协同行为发生的场所,用户信息行为协同化成为不可避免的趋势。在协同活动中最重要的就是信息协同,而这种部门与部门之间、人与人之间的信息协同主要是通过信息系统平台来实现的。应急救援工作涉及多个组织、主体,因而有必要从协同理念、协同要素和协同能力等方面进行总体布局和研究[22],分析协同关系、构建协作平台和知识协同管理模式来进行资源信息整合和共享[23]。在信息协作活动中,近几年飞速发展的物联网(Internet of Things,IOT)不仅可以将所有设备连接到网络中,而且还可以在创建网络时将这些设备相互连接[24]。除了设备与其他硬件的连接外,通过开发一个内置信息共享系统框架[25],可以解决车辆监控数据的消息通信、协同感知和同步传输问题,实现应急管理领域多种信息系统的集成与交换。

3　基于结构化图标的应急交互与协作设计

在以往的研究中,基于图标的地图主要用于表现静态的、简单的信息。但由于危机信息的复杂性和危机情境的不断变化,普通的象形符号根本无法清晰地表示危机信息,人们互动和协作的效率也可能因此受到影响,以上问题具体体现在 3 个方面:①现有的基于图标的危机地图主要表现为静态信息,而事件造成的人员伤亡或救援资源分配等动态信息无法通过图像表达。传统的基于图标的危机地图可视化方式是“普通图标 + 文本标签”。因此,实时的危机信息会因与表征信息的图标分离而没有视觉链接,这就导致了所表示信息的不确定性。②应用普通的图标表示危机信息之间的相关性比较困难。在不同的信息可视化目标下,符号表示方式的不同使得不同类型的应急信息之间很难找到隐含的联系。③图标设计的局限性导致地图上缺乏基于图标的协同交互。以往的图标设计更多地关注于图标的可理解性和美观性而忽略了协作者和图标之间的交互,这进一步影响了救援中的协作行为和决策。

考虑到结构化图标多维可视化的优点,本文计划将这种图标表征应用于危机地图中的应急协调。一方面,通过引入结构化图标,象形符号不再作为信息表示的单一来源。结构化图标的先设基底图标和象形符号两部分都表示相对独立的信息:信息内容和信息结构。因此,它可以使信息结构显式化,还可以表示动态信息。另一方面,本文将设计基于结构化图标的扩展信息搜索,以加强对所代表事件之间相关性的认知。总体而言,本文计划重新设计适用于危机地图的结构化图标,并扩展基于结构化图标的可视化组件,再根据应急协同设计流程提出一种基于此结构化图标的应急交互协作模式。

3.1　服务于应急交互的结构化图标准备

应用结构化图标的目的是说明和达成对标签中存

在的语义关系以及标签资源之间隐式连接的共识，进而改善基于应急信息的交互体验和提升应用危机信息进行协同决策和行动的能力，其设计思路得益于对超视距文本标签的分类（依据主题和属性值）。在图标设计过程中基于该设计思路引入图标理论，对主题和属性进行表征可以更好地对标签的内容及结构进行可视化表征[26]。在具体的结构化图标设计工作中，一组特殊的图标为“先设基底图标”，其被用于表示标记的类别，如同一视点、同一主题分支或同一属性名称。基底图标是图标的共同基础。每个类别中的图标将通过组合符号和相应的基底图标来确定。每个视点（先设基底图标）下的所有表征首先设计成一个统一的形状，然后根据不同类别从一个公共视点分类的主题继续添加另一个视觉变量颜色作为更新的先设基底图标。图形规则同样适用于结构化图标的另一部分属性。属性名称直接图标化为象形符号，然后将符号连接到先设基底图标来详细说明该属性。如图 1 所示：



图 1　结构化图标与被表征危机事件间的信息对应

所有的基底图标组成了一个“图形组织器”，即可视化辨别语言（Visual Distinctive Language，VDL），其目的是直观地描述信息分类和对象分类。VDL 可以帮助识别多类别标记所指的强调主题。例如“可再生能源”，在考虑能源问题时，是一个涉及环境问题的多学科主题标签；在考虑降低能源消耗时，与经济主题相关联。所以在使用文本标签的情况下，“可再生能源”将以独特的文本格式出现在“环境”和“经济”主题组中。因此基于 VDL 的“可再生能源”图标可能会将其转换为两种相关但不同的图像形式，并带有基底图标。结构化图标的优势主要体现在图形化的标签结构和标志符号上，即基于 VDL 的标签标记的信息资源是强连接的。这些优点意味着基于 VDL 的图标能够更好地表示多维信息和各种信息之间的关系。此外，基于 VDL 的图标被证明可以增强信息搜索行为[27]。在以往的研究中已经从理论上讨论了将基于 VDL 的图标用于危机管理的可行性[28]，但是还没有具体实施方案。

在 VDL 图标理论等相关理论基础上，本文将危机结构化图标设计分为 3 个步骤：①根据危机事件类型确定表征各事件的结构化图标的象形符号；②根据危机事件主题确定表征各事件的结构化图标的基底图标；③将两者结合以创建表征各事件的结构化图标。

为了使象形符号的设计简单易懂，笔者首先根据事件描述关键词提炼图标要表达的核心特征和主要特征。其次，运用标准化的符号设计方法完成危机符号的设计。静态象形符号的设计是指现有图标的设计，主要用于代表各种危机组织，如警察局、消防局、医院等；危机事件的符号设计是指符合人们认知直觉的常见灾害符号，如“红色火焰”代表“火”，“蓝色水滴”代表“洪水灾害”等。

本文引用基底图标的概念来设计危机图标。基底图标之间有明显的颜色区别，将危机事件发生的原因或需要表达的实时信息叠加在基底图标上，可以使图标表征关系或更多内容，从而有效消除图标的语义偏差。例如，从时间和空间的角度来看，图标“火”可能涉及多个主题，而应用基底图标可以匹配多个主题情况，分别生成“野火”“城市火灾”和“生产火灾”。本次设计采用基底图标来表示事件主题，将事件主题分为自然灾害、城市公共安全和安全生产。

结构化图标将通过符号和相应的基底图标组合显示，象形符号则叠加在基底图标上。在使用结构化图标标记危机事件时，用户可以直接点击地图上相应的

地理位置，在弹出框中输入事件类型、事件主题等具体信息。弹出框中的事件主题和事件类型对应结构化图标的基底图标和象形符号（见图 1），能够从多角度进行信息描述，既避免了人们对原有语义理解的偏差，又有助于人们找到信息之间的关系。例如，当人们提到“火灾”时，通常指的是自然火灾，而忽略了城市火灾和工厂火灾，但结构化图标可以表示事件背后的原因。另外，文本作为一种辅助手段，有助于将信息更清晰地传达给用户。当用户光标移动到代表事件的图标时可以查看事件的详细信息，例如伤亡人数和范围事件等。

3.2 应急交互与协作模式设计

应急管理过程中往往面临着人员协调难、时间紧迫、信息可靠性难以保证等诸多挑战。这些挑战极大地考验了所使用协作方法的有效性，因此在确定动态危机信息的图标资源和表示方式后，本文研究了基于图标的危机地图应急交互协作模式，见图 2。图 2 中标注了本文在引入结构化图标后对原有应急交互与协作模式的改进。人、信息、技术作为危机互动与协作的核心要素。在紧急情况的 4 个阶段，实体间两两相互影响。在应急预防和准备阶段，人员输入信息并过滤信息。制定应急行动计划时，组织人员获取信息，并互相分享。紧急行动过程中，各组织之间和组织内部的信息共享与合作都涉及在内。在应急恢复阶段，需要统计上次危机事件造成的损失和行动计划等信息，为下次应急活动提供知识经验。在应急准备、响应和恢复的过程中，提炼出与本文相关的 4 点，主要包括：信息分类分析、信息表征分析、危机互动分析和危机协同活动分析。在此基础上，笔者从信息采集、信息共享、协同活动、人机交互等基本特征出发，设计基于结构化图标的应急交互平台。

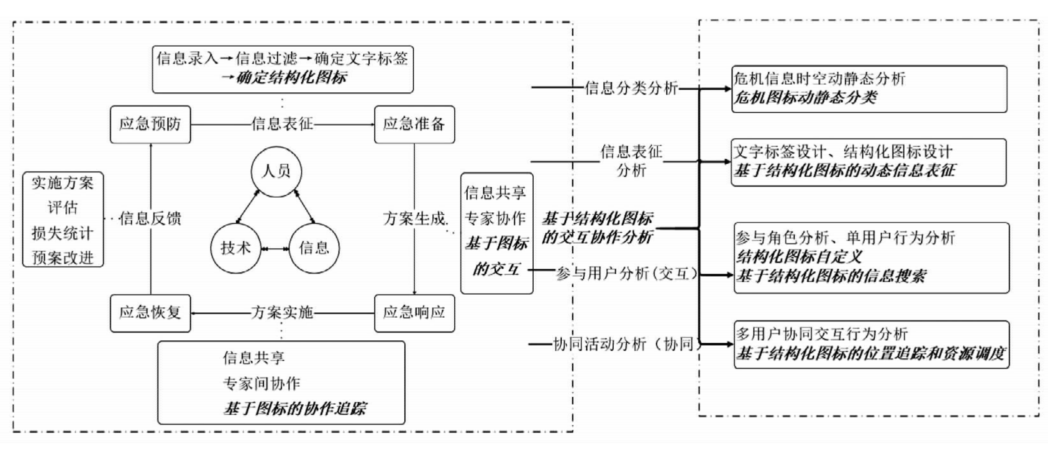


图 2　应急活动中实体关系分析

本文分别从不同类型应急参与人员和应急不同阶段的角度，探讨基于结构化图标的协作模式对原有协作模式改进的具体实践。

3.2.1 不同类型用户参与协作

从不同类型应急参与人员的角度，笔者主要讨论了以下 3 种类型用户参与的协作：

（1）公众参与协作。公众是应对突发公共事件的主体。近几年，在围绕公众展开的一系列应急活动中，公众不再只是应急信息的被动接受者，其提供消息的能力也越来越受到重视，非政府行为主体的参与提高了社区应对预防灾害的能力。该系统允许用户通过简单的注册账户操作，自主提交应急信息。

（2）组织人员协作。组织人员可以查看响应进度并适当调整自身计划。组织人员是应急管理的领导，负责组织制定应急预案，承担最重要的应急救援任务的同时需要协调好人力、物力、财力三者之间的关系。系统管理员的主要职责是维护整个信息系统，及时进行信息更新和审核，以保证信息处理效率和准确性。

（3）专家协作。专家根据紧急情况和实时表征的应急信息对地图上不合理的地方进行修改，以保证结构化图标使用的准确性。如图 3 所示，左键单击图标可进行更换，在选择合适的图标后点击保存即可完成修改。当专家对系统提供的图标库不满意时，他们可以选择通过简单的步骤创建图标来描述事件。

3.2.2 用户在不同应急阶段参与协作

从应急不同阶段的角度，笔者主要讨论在应急准备和响应阶段人员参与的协作：

（1）应急准备阶段协作探索。应急准备过程中的主要工作是基于分类信息的知识库建设和信息标注。采用自顶向下的方法建立知识库，通过静态分析逐步细化知识直至具体信息。建设知识库的作用不仅是根据信息的特点对其进行重新分类，而且可以在信息检



图3　界面导航栏和更换图标功能设计

索中发挥作用。在基于结构化图标的协同信息标注方面，该模型在原有危机信息分类的基础上，将时空危机信息分类应用于协同。原始危机信息分为动态和静态两类。该阶段主要是静态信息的标注，此类信息具有相对稳定性，不易改变。在此阶段的信息表征有助于可视化紧急储备。例如，特定地区的常住人口和医疗设备统计标注。此外，还需要将信息分类生成的文本标签符号化，转换为结构化图标，特别需要注意的是，对于大多数常见的危机事件，需要设计其相应的结构化图标。不同类型的图标是根据地图图层来区分的，这些图层规定了应该显示哪些对象。

（2）应急响应阶段协作探索。在应急响应过程中本文应用结构化图标进行了两部分探索：①数据驱动的结构化图标动态信息表征。动态特性意味着图标不仅可以描述一个时间点上的动态信息状态，而且可以描述整个不断变化的信息状态。例如，统计伤亡数据并定时传输到数据库，通过公式计算出相应的严重程度指标，并相应更新图标大小与先设基底图标的颜色深度。这种更直接的视觉感触更有利于提高用户对于危机事件严重程度的具体认知。②基于结构化图标的动态信息搜索。结构化图标也可以用于改进原来的信息搜索。在传统的历史事件搜索中，图标可以过滤出特定类型的事件，但这种搜索无法准确显示空间分布和历史事件数量的比较。通过使用结构化图标的基底图标来区分事件主题，用户可以比较危机地图上不同类型事件的空间分布和数量。在基于结构化图标的应急救援方面，结构化图标可以提高用户对动态过程的认知，从而帮助应急决策者对整个资源调度和分配做出更合理的安排。例如，对于应急救援活动的实际执行者，由于危机事件的突发性和不可预测性，需要在实施过程中不断调整应急协调方案，而结构化图标在有限的地图空间中表达了丰富的层次信息，有利于行动过程中资源和认知的宏观动态协调。

4　基于结构化图标的交互与协作模式评估

基于上述分析，本研究通过访谈及问卷评估应急情境下结构化图标对信息获取和表征的影响，并进一步挖掘其对整个危机协作过程的影响。具体来说，主要是通过分析用户在基于结构化图标的协作过程中的主观感受及效用评分指标来衡量基于结构化图标的交互与协作模式的有效性。

4.1　评估设计

评估共招募了12名被测者（4名女性，8名男性），年龄介于21岁到26岁，包括大学生和不同背景的研究人员，将被测者按1－12进行编号。整个访谈在实验室进行，访谈之前被测者均签署了知情同意书。访谈过程中，首先让被测者简单了解结构化图标的概念和参与的应急过程；在接受相关培训后，再将被测者按3人一组分组完成整个评估过程，其间对基于结构化图标的应急协作系统的各应急阶段设计的交互和协作工具进行了体验。对于4个分组，前2个小组先使用普通系统，再使用基于结构化图标的系统；而另外2个小组使用系统的顺序与此相反。在正式评估前，向被测者简单介绍屏幕界面及各类交互工具，以及在这种模式下支持的交互类型。交互工具包括相关事件检索、事件动态过程和被测者自定义图标。其中，相关事件搜索用于搜索历史事件，系统提供事件“过滤器”，搜索条件包括事件主题、事件类型、事件发生时间等，提交过滤条件后，地图显示符合条件的历史事件分布。事件动态过程查看用于对当前危机事件的动态感知，系统提供一个自动跳转时间点的时间轴，被测者也可点击特定时间点来查看结构化图标表征的当时危机事件的严重程度。被测者自定义图标则是在被测者对于表征当前危机事件的图标不满意时，可以选择更换为

图标库中提供的其他图标，还可以通过简单的步骤制作符合当前特定危机事件的结构化图标。评估过程中，被测者首先在组内共享从界面和交互工具获取到的信息，再由各小组根据已掌握信息设计出尽量合理高效的应急救援方案，从评估开始到协同决策完成时间限制为 25 分钟。决策完成后，以小组为单位对被测者进行访谈，访谈主体包括整个过程中交互与协作的体验以及系统的实际使用感受，最后填写调查问卷。

4.2 结果分析

根据访谈和调查问卷结果，从结构化图标对信息交互的影响、结构化图标对整个交互协作过程的影响和结构化图标对应急协作信息系统构建的影响该协作模式的被测者反馈 3 方面进行分析。

4.2.1 结构化图标对信息交互的影响

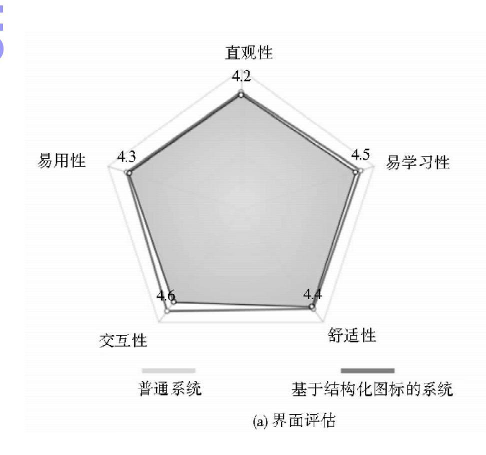
实验观察表明，当被测者参考结构化图标共享信息时，他们的描述都较为准确且各小组均提到了相关类型事件在地图上的分布特性。如被测者 1、2、8、10 所述："结构化图标的基底图标让我在地图上更容易找到同类事件的分布。"这种阐述揭示了结构化图标的本质特点。另外，被测者也意识到结构化图标能清晰传达信息的价值。正如被测者 5 所描述的："结构化图标不会因为表达了更多信息而使信息变得杂乱无章，因此我可以清楚地描述事件并表达更多有用的信息。"基底图标之间的视觉感知相似度反映了事件的相关性。也就是说，结构化图标实际上在危机情况下提供了结构化信息，提高了信息表征的准确性和信息交互的效率。

4.2.2 结构化图标对整个危机交互协作过程的影响

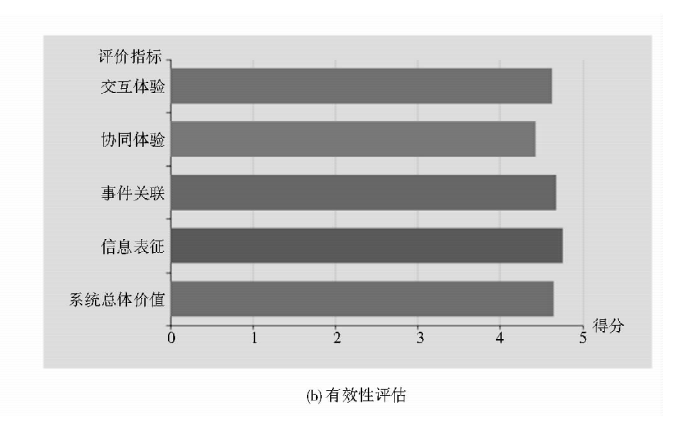
在被测者使用该信息系统平台参与协作讨论任务后，描述了完成该任务的过程。被测者 8 描述到："我们有了更多交互体验和获取信息的工具，这帮助我们更好地生成所需方案，这些有用的交互功能组件贯穿了整个过程。"6 位被测者提到讨论方案的质量与他们通过信息系统获得的信息有很大关系。其中 2 位被测者提到，系统提供的搜索、自定义图标等交互组件有助于他们思考和分析。被测者 2、7 也提到，"在信息系统的帮助下完成协作协商更容易一些。"

4.2.3 结构化图标对应急协作信息系统构建的影响

本文收集了被测者填写的问卷，首先从舒适性、直观性、交互性、易用性和易学性等方面评估了两个系统之间的差异水平。每一个方面都在 1 到 5 的分值范围内进行评估，结果如图 4(a) 所示。结果表明，该系统在直观性、易用性、舒适性和易学习性 4 方面与使用普通图标的应急系统相差较小，然而在交互性上有较明显的优势。其次评估应急系统效用的因素，包括：①信息表征能力；②表征事件之间关联的能力；③用户的界面交互体验；④用户间的协同体验。调查问卷同样由被测者按 1 到 5 进行打分，得分越高则对该系统评价越高，实验结果见图 4(b)。该系统各个指标得分均在 4 分以上，其满足了所有的有效性标准。被测者一致认为，该信息系统的价值不仅在于结构化图标的应用，提升了系统的信息表征等能力，还在于系统能够提供基于结构化图标的界面交互和用户之间的协同体验。



(a) 界面评估



(b) 有效性评估

图 4 评估结果展示

5 讨论

本文在以往关于应急地图中交互与协作的基础上提出了一种基于结构化图标的协同方法。与普通图标在地图中表征信息相比，该方法在应急的不同阶段引入结构化图标和基于其设计的可视化组件对应急信息的表征、搜索和基于信息的协作具有显著影响。

（1）结构化图标通过基底图标有效地表征危机信

息语义结构,从而强化事件关联关系。评估中的第一个任务结果表明了被测者在使用结构化图标时描述了更多的信息,而在随后的采访中被测者们也给了结构化图标比普通图标更高的评价。调查问卷中的事件关联项平均分证明了被测者对结构化图标强化事件关联关系作用的认可,评估中对被测者的采访和调查问卷反馈也印证了结构化图标有助于提升被测者对事件关联度认知的有效性。结构化图标通过添加一个先设基底图标作为该图标的基本属性,以此来区分不同的危机事件主题,从而可以有效表征危机事件的语义结构。而结构化图标的这种多层复合结构与危机信息的复杂性、多视角相对应,有助于从不同角度表达和描述危机事件的信息。由于结构化图标的先设基底图标和象形符号分别从不同角度来描述危机事件,拓宽了被测者识别与当前事件相关的事件的视角,从而在地图上识别相似事件的地理分布。

(2) 基于结构化图标的应急地图交互模式能够形成以图标为危机信息中心点的多阶段视觉协同,从而服务精准应急决策。结构化图标对于表征信息内容和结构的改善也影响了其后的一系列协同过程,例如信息搜索和决策制定过程。被测者在第二个讨论任务结束后对于协同决策制定体验普遍给予了更积极的反馈,关于整个系统的调查问卷中交互体验和协作体验平均得分均较高。实际上在研究基于结构化图标的协作交互模式时,结构化和基于其设计的组件作为一个整体在协作中起着重要的作用,例如相关历史事件搜索组件、动态信息表征组件等都与结构化图标密切结合。具体来看,在历史事件搜索中,系统提供了基于结构化图标的事件主题、事件类型搜索,增加了用户获取信息的主动性;在协同救援中,用户通过选择动态时间轴上的时间点来获得对动态信息的持续认知。这都表明基于结构化图标的协作交互模式对交互与协作产生了累积的认知影响。从整个过程来看,结构化图标及组件设计凸显了事件的关联关系及动态变化特征等信息,其视觉成分促进了被测者的信息获取和结构化认知,这种层次化的信息表征和可视化冲击提升了信息搜索的准确性及沟通效率,有助于决策者做出最终决策计划。

6 结论

本研究关注危机地图中图标对信息表征和交互协作过程中的影响,设计了适用于危机情境下的结构化图标,进一步探究了以用户和应急阶段作为分类基础的基于结构化图标的应急协作交互模式,并从结构化图标原理、认知过程等方面分析了该应急协作交互模式的有效性。本研究主要有贡献在于:首先,针对传统地图上缺乏表征危机事件之间相关性的问题,探索了一种基于结构化图标的应急信息交互创新模型,改善了基于图标的危机信息交互。其次,总结了普通应急地图信息的表示方法,在实践中扩展了基于结构化图标的交互模式应用,并基于此设计了一个多视图、基于角色的协作系统。在该系统中构建了基于模型的多种可视化及交互工具,便于应急人员应用多维的、结构化的信息来更好地进行交互协作。在未来的研究中,将进一步验证此协作模式的有效性,深入探究基于结构化图标的应急协作模式对参与者执行复杂应急任务时响应行为的作用方式。

参考文献:

[1] MAREAN J B, GALE W G. A coordinated utility emergency response: addressing information-sharing barriers for utilities and emergency response organizations[J]. IEEE electrification magazine, 2018, 6(2): 95－103.

[2] CAI G, MACEACHREN A M, BREWER I, et al. Map-mediated geocollaborative crisis management[C]//International conference on intelligence and security informatics. Atlanta: Springer, 2005: 429－435.

[3] DYMON U J. An analysis of emergency map symbology[J]. International journal of emergency management, 2003, 1(3): 227－237.

[4] PACHINGER F, SHEIKH Z, ZAJACZKOWSKI P, et al. Comparison of visualization concepts of map layouts[C]//2016 IEEE 20th international enterprise distributed object computing workshop. Vienna: IEEE, 2016: 1－5.

[5] LIU S B, PALEN L. The new cartographers: crisis map mashups and the emergence of neogeographic practice[J]. Cartography and geographic information science, 2010, 37(1): 69－90.

[6] KOSTELNICK J C, HOENIGES L C. Map symbols for crisis mapping: challenges and prospects[J]. The cartographic journal, 2019, 56(1): 59－72.

[7] MA X Y, CAHIER J P. An exploratory study on semantic arrangement of VDL-based iconic knowledge tags[J]. Knowledge organization, 2014, 41(1): 14－29.

[8] MA J. The sustainability and stabilization of tag vocabulary in CiteULike[J]. Online information review, 2012, 36(5): 655－674.

[9] MA X Y, CAHIER J P. Collaboratively constructing a VDL-Based icon system for knowledge tagging[C]//International conference on social informatics. Alexandria: Springer, 2012: 309－322.

[10] 赵锐,孟祥雨,闵雪峰,等. 基于 Pathfinder 的化工企业人员应急疏散模拟[J]. 科学技术与工程,2019,19(28):417－422.

[11] SUN M Z, WANG J S. Design and implementation of emergency and evacuation system based on Baidu Map API[C]//2018 26th international conference on geoinformatics. Kunming: IEEE, 2018: 1－5.

[12] 姜仁贵,杨思雨,解建仓,等. 城市内涝三维可视化应急管理信息系统[J]. 计算机工程,2019,45(10):46 - 51.
[13] CAO Z, ZHAO P, LIU J, et al. A spatial point pattern analysis of the 2003 SARS epidemic in Beijing[C]//Proceedings of the 3rd ACM sigspatial workshop on emergency management using. New York: ACM, 2017: 1 - 8.
[14] 陈祖琴,苏新宁,杨建林. 基于突发事件情景地图的应急决策模式研究[J]. 情报学报,2015,34(8):845 - 853.
[15] DUNN CAVELTY M, GIROUX J. Crisis mapping: a phenomenon and tool in emergencies[J]. CSS analyses in security policy, 2011, 103: 1 - 4.
[16] 高玉琴,吴靖靖,王宗志,等. 基于模糊聚类因子分析的区域洪灾风险评价[J]. 自然灾害学报,2018,27(2):141 - 148.
[17] AVVENUTI M, CRESCI S, DEL VIGNA F, et al. On the need of opening up crowdsourced emergency management systems[J]. AI & Society, 2018, 33(1): 55 - 60.
[18] 王国栋,任钢. 基于虚拟现实技术的应急推演沙盘系统的设计和实现[J]. 软件,2012,33(8):23 - 27.
[19] 康承旭,唐红亮,田优平. 基于ArcGIS 和SketchUp 建模产出地震应急三维专题图[J]. 科学技术与工程,2019,19(19):12 - 17.
[20] XU J, TANG Z, YUAN X, et al. A VR-based the emergency rescue training system of railway accident[J]. Entertainment computing, 2018, 27: 23 - 31.
[21] LI X, PU W, ZHAO X. Agent action diagram: toward a model for emergency management system[J]. Simulation modelling practice and theory, 2019, 94: 66 - 99.
[22] GU T J, YANG W N, VILLARREAL D S. Developing an emergency response conceptual framework for network centric disaster operations[C]//2017 3rd international conference on information management. Chengdu: IEEE, 2017: 252 - 257.
[23] LIU W, DUGAR S, MCCALLUM I, et al. Integrated participatory and collaborative risk mapping for enhancing disaster resilience[J]. ISPRS international journal of Geo-Information, 2018, 7(2): 68.
[24] KODALI R K, MAHESH K S. Smart emergency response system[C]//TENCON 2017 - 2017 IEEE region 10 conference. Penang: IEEE, 2017: 712 - 717.
[25] 谢小军,芦翰晨,施若馨. 分布式电力应急救援感知与协同信息交互技术系统[J]. 仿真学报, 2017,29(12):3082 - 3091.
[26] MA X Y, CAHIER J P. Graphically structured icons for knowledge tagging[J]. Journal of information science, 2014, 40(6): 779 - 795.
[27] MA X Y, XUE P Z, ZHANG S Y, et al. Information search by applying VDL-based iconic tags: an experimental study[J]. Journal of documentation, 2019, 75(4):807 - 822.
[28] MA X Y, SEDIRI M, MATTA N, et al. VDL-based iconic co-annotation in crisis management[C]//2014 international conference on collaboration technologies and systems. Minneapolis: IEEE, 2014: 177 - 198.

作者贡献说明:
马晓悦:提供研究思路、设计方案,提出整体研究框架,论文修订;
崔珂成:设计方案,实施验证,分析数据,论文撰写;
张昊淇:辅助界面设计及其实现;
陈强:写作框架指导,理论指导。

Interaction and Cooperation Mode Study of Emergency Map Based on Structured Icon

Ma Xiaoyue[1] Cui Kecheng[2] Zhang Haoqi[1] Chen Qiang[1]
[1] School of Journalism and New Media, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049
[2] School of Economics and Management, Xidian University, Xi'an 710071

Abstract: [**Purpose/significance**] This study aims to coordinate more complex crisis information interaction and collaboration by introducing structured icons to improve icon representation on previous emergency maps. [**Method/process**] This study designed the structured icon for crisis situations. Then a visual interaction and collaboration model based on the structured icon was designed. [**Result/conclusion**] Firstly, the pre-icon of structured icon can show the relationship of crisis events and improve the interactive experience of information search. Then, structured icon can dynamically represent the temporal and spatial attributes of crisis information, enhance information cognition and enhance decision makers' collaborative decision-making ability. In theory, this paper proposes an emergency information interaction model based on structured icon. It enriches the theory of emergency information visualization and emergency interaction. In practice, the research optimizes the design of icon-based emergency coordination system. It enhances interaction between participants and emergency information and helps decision makers to make accurate and timely decisions in collaboration.

Keywords: human computer interaction icon information structure emergency collaboration time space analysis interaction interface